



**Europäisches  
Patentamt**

**European  
Patent Office**

**Office européen  
des brevets**

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

**Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°**

**99117220.6**

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**R C van Dijk**

DEN HAAG, DEN  
THE HAGUE, 30/01/02  
LA HAYE, LE

EPA/EPO/OEB Form 1014 - 02.91

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung  
Sheet 2 of the certificate  
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.:  
Demande n°: 99117220.6

Anmeldetag:  
Date of filing:  
Date de dépôt: 01/09/99

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München  
GERMANY

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:

Verfahren und Vorrichtung zur Oberflächenbehandlung eines Bauteils

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:  
State:  
Pays:

Tag:  
Date:  
Date:

Aktenzeichen:  
File no.  
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:

B24C1/06, B24C3/04, C23C14/02

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:  
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

EPO - Munich  
41

01. Sep. 1999

1

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Oberflächenbehandlung eines Bauteils

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Oberflächenbehandlung eines Bauteils mit einer gekrümmten Bauteiloberfläche, bei dem mittels eines aus einer Partikelquelle erzeugten Partikelstrahls Material von der Bauteiloberfläche abgetragen wird. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Oberflächenbehandlung eines Bauteils mit einer gekrümmten Bauteiloberfläche.

In dem Buch „Plasma Spraying of Metallic and Ceramic Materials“ von D. Matejka und B. Benko, John Wiley & Sons, Chichester, U.K., 1989, ist das Verfahren des Plasmaspritzens mit Anwendungen, beispielsweise auf Komponenten eines Verbrennungsmotors eines Kraftfahrzeugs, angegeben. In dem Abschnitt 6.1 „Preliminary preparation of surface prior to spraying“ werden verschiedene Verfahren beschrieben, durch die eine Vorabbearbeitung eines zu beschichtenden Bauteils erfolgt. Hierin ist ein Verfahren zur Reinigung der Oberfläche des Erzeugnisses vor der eigentlichen Beschichtung mittels eines Strahls von abrasiv wirkenden Partikeln beschrieben. Die abrasiv wirkenden Partikel werden in einem Preßluftstrom mitgeführt und prallen vorzugsweise senkrecht auf die zu behandelnde Oberfläche auf. Die Bestrahlung mit den abrasiv wirkenden Partikeln kann in einer Kammer oder mit einer Saugeinrichtung durchgeführt werden, so daß im wesentlichen die gesamte Menge der abrasiv wirkenden Partikel wiedergewonnen und erneut für eine Bestrahlung zur Verfügung steht. Abrasiv wirkende Partikel können hierbei aus Gußeisen, Stahl, aus synthetischem Korund (Aluminiumoxid  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Siliciumkarbid oder Silikatsand (Quartzsand) hergestellt werden. Die abrasiv wirkenden Partikel können einen Durchmesser zwischen 350  $\mu\text{m}$  und 1400  $\mu\text{m}$  aufweisen. Vorzugsweise wird die Bestrahlung mittels des sogenannten Grobsandstrahlens durchgeführt, wobei die ab-

## 2

rasiven Partikel Korundpartikel mit einem Durchmesser zwischen 200 µm und 800 µm sind. Diese werden verwendet für die Vorbereitung einer Oberfläche mit einer Beschichtung, die eine Schichtdicke von bis zu 200 µm aufweist, welche Beschichtung in einem Beschichtungsprozeß auf die präparierte Oberfläche aufgebracht wird. Für Beschichtungen mit größerer Schichtdicke werden Partikeldurchmesser von bis zu 1400 µm verwendet. Die Preßluft, in welcher die abrasiv wirkenden Partikel mitgeführt werden, hat bei der Verwendung von Korund vorzugsweise einen Druck von bis zu 0,35 MPa.

In der US-Patentschrift 4,321,310 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung auf einem Gasturbinenbauteil, welches eine Turbinenschaufel ist, beschrieben. Die Turbinenschaufel weist einen Grundkörper aus einem Grundmaterial auf. Als Grundmaterial wird eine Kobaltbasis- oder Nickelbasislegierung, wie beispielsweise IN 100, MAR M200, MAR M509 oder WI 52 eingesetzt. Auf dieses Grundmaterial wird eine Haftvermittlerschicht der Art MCrAlY aufgebracht. Dabei bezeichnet M beispielsweise eine Kombination der Metalle Nickel und Kobalt. Cr steht für Chrom und Al für Aluminium sowie Y für Yttrium. Auf diese Haftvermittlerschicht wird eine keramische Schicht aus Zirkonoxid aufgebracht, die stengelförmig aufgewachsen ist, wobei die Stengel im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche des Grundkörpers gerichtet sind. Vor dem Aufbringen der als Wärmedämmschicht dienenden Zirkonoxidschicht auf die Haftvermittlerschicht wird die Haftvermittlerschicht poliert, bis sich eine Oberflächenrauigkeit von etwa 1 µm einstellt.

Aus der US-Patentschrift 5,683,825 geht ebenfalls ein Verfahren zum Aufbringen einer Wärmedämmschicht auf ein Bauteil einer Gasturbine hervor. Auf einem Grundkörper wird durch Niederdruckplasmaspritzen eine NiCrAlY Haftvermittlerschicht aufgebracht. Die Oberfläche der Haftvermittlerschicht wird poliert, so daß diese eine Oberflächenrauigkeit von etwa 2 µm aufweist. Auf die so polierte Haftvermittlerschicht wird

## 3

mittels eines Aufdampfverfahrens (PVD, Physical Vapor Deposition) eine keramische Wärmedämmschicht aus mit Yttrium stabilisiertem Zirkonoxid aufgebracht. Vorzugsweise wird die Wärmedämmschicht hierbei mit dem sogenannten Elektronenstrahl-PVD-Verfahren aufgebracht. Die Wärmedämmschicht kann auch mittels Plasmaspritzens aufgebracht werden. In der US-Patentschrift 5,498,484 wird ebenfalls das Aufbringen einer Wärmedämmschicht auf eine Haftvermittlerschicht eines Bauteils einer Gasturbine beschrieben. Die mittlere Oberflächenrauigkeit der Haftvermittlerschicht wird mit zumindest über 10 µm angegeben.

Die US-Patentschrift 5,645,893 betrifft ein beschichtetes Bauteil mit einem Grundkörper aus einer Superlegierung sowie mit einer Haftvermittlerschicht und einer Wärmedämmschicht. Die Haftvermittlerschicht weist ein Platinaluminid sowie eine daran sich anschließende dünne Oxidschicht auf. Die dünne Oxidschicht weist Aluminiumoxid auf. An diese Oxidschicht grenzt die Wärmedämmschicht an, welche mittels dem Elektronenstrahl-PVD-Verfahren aufgebracht wird. Dabei wird mit Yttrium stabilisiertes Zirkonoxid auf die Haftvermittlerschicht aufgebracht. Vor dem Aufbringen der Haftvermittlerschicht wird die Oberfläche des Grundkörpers mittels eines Grobsandstrahlverfahrens gereinigt. Zur materialabtragenden Bearbeitung des Grundkörpers wird dabei Aluminiumoxidsand eingesetzt.

Aus der WO 97/047781 A1 geht eine Gasturbinenkomponente, z.B. eine Gasturbinenschaufel oder ein Hitzeschildelement einer Brennkammer, hervor. Die Gasturbinenkomponente weist als Grundwerkstoff eine Nickelbasis- oder Kobaltbasis-Superlegierung auf. Auf den Grundwerkstoff ist eine Anbindungsschicht mit einem Nitrid aufgebracht. An die Anbindungsschicht schließt sich eine keramische Wärmedämmschicht an. Die Oberfläche der Anbindungsschicht weist eine mittlere Oberflächenrauigkeit von über 6 µm, insbesondere zwischen 9 µm und 14 µm, auf.

In der WO 99/23272 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Schutzschicht auf einen für eine Heißgasbeaufschlagung ausgelegten Grundkörper zum Schutz vor Oxidation und/oder Korrosion beschrieben. Dabei wird die Schutzschicht durch ein  
5 heißisostatisches Preßverfahren verdichtet, wobei sie unversiegelt bleibt. Dabei bleibt die Schutzschicht im wesentlichen chemisch unverändert. Beim heißisostatischen Pressen wird über einen von einem Preßgas ausgeübten Druck die poröse Schutzschicht über eine Zeitdauer zwischen etwa 0,1 bis 3  
10 Stunden bei Temperaturen von etwa 800 °C bis 1200 °C verdichtet. Im Gegensatz zu den vorgenannten Schriften liegt beim heißisostatischen Pressen eine nicht-materialabtragende Oberflächenbehandlung vor.

15 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Oberflächenbehandlung eines Bauteils anzugeben. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Oberflächenbehandlung eines Bauteils anzugeben.

20 Die auf ein Verfahren gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Oberflächenbehandlung eines Bauteils mit einer gekrümmten Bauteiloberfläche, bei dem mittels eines aus einer Partikelquelle erzeugten Partikelstrahls, welcher durch die Strahlparameter Einstrahlabstand,  
25 Einstrahlintensität, Einstrahlwinkel und Einstrahldauer charakterisiert ist, Material von der Bauteiloberfläche entlang einer Konturlinie auf der Bauteiloberfläche abgetragen wird, wobei zumindest einer der Strahlparameter gezielt so an die Konturlinie angepaßt wird, daß sich entlang der Konturlinie  
30 eine homogene Oberflächenrauigkeit einstellt.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, daß sich Unregelmäßigkeiten in der Bauteiloberfläche und ungleichmäßiger Abtrag von Material bei der materialabtragenden Bearbeitung von  
35 Bauteiloberflächen nachteilig auf die Qualität der Bauteiloberfläche und somit deren Verwendbarkeit auswirkt. In den bisher bekannten Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Bau-

teilen, insbesondere bei der materialabtragenden Bearbeitung, ist eine gleichmäßige Oberflächenbearbeitung des Bauteils nicht über die gesamte Bauteiloberfläche oder über größere zusammenhängende Bereiche der Bauteiloberfläche gewährleistet. Vor allem bei Bauteilen mit einer komplexen Bauteilgeometrie, insbesondere mit einer gekrümmten Bauteiloberfläche, führt die Krümmung zu einer lokalen Variation der Strahlparameter. Beispielsweise führt eine komplexe Bauteilgeometrie zu einer Variation des Strahlabstands, d.h. des Abstands von der Partikelquelle zur zu behandelnden Bauteiloberfläche, was z.B. zu unterschiedlichen Oberflächenrauigkeiten in verschiedenen Bereichen der Bauteiloberfläche führt. Dies trifft vor allem für die Bereiche der Bauteiloberfläche zu, die ein unterschiedliches Krümmungsverhalten aufweisen. Ferner sind jene Bereiche der Bauteiloberfläche mit einem sich lokal stark ändernden Krümmungsverhalten sowie diejenigen Bereiche, die für den Partikelstrahl gemäß den herkömmlichen Verfahren schwer zugänglich sind, mit Unregelmäßigkeiten (Inhomogenitäten) in der Oberflächenstruktur behaftet. Bei der Oberflächenbehandlung einer Vielzahl von Bauteilen ist darüber hinaus eine Reproduzierbarkeit nur begrenzt gewährleistet.

Mit dem Verfahren werden erstmals charakteristische Strahlparameter des Partikelstrahls in Bezug auf die lokale Bauteilgeometrie berücksichtigt. Dabei bezeichnet der Einstrahlabstand den Abstand von der Partikelquelle zu dem Auftreffpunkt des Partikelstrahls auf der Bauteiloberfläche. Der Einstrahlwinkel wird in einem lokalen bauteilbezogenen Koordinatensystem definiert. In diesem Bezugssystem ist der Einstrahlwinkel der Winkel zwischen der Einstrahlrichtung des Partikelstrahls und der lokalen Normalen auf die Bauteiloberfläche im Auftreffpunkt des Partikelstrahls auf die Bauteiloberfläche. Unter der Einstrahlintensität versteht man die Anzahl der pro Sekunde und Raumwinkel aus der Partikelquelle emittierten Partikel, d.h. die Einstrahlintensität wird als Partikelfluß angegeben. Die Anzahl der Partikel, die pro Sekunde auf einen lokalen Oberflächenbereich auf der Bauteiloberfläche auf-

trifft, ergibt sich daraus in einfacher Weise aus dem Einstrahlabstand, der Größe des Oberflächenbereichs sowie dem Einstrahlwinkel. Unter der Einstrahldauer versteht man die Verweilzeit des Partikelstrahls auf einem ausgewählten Abschnitt der Konturlinie. Mittels der Geschwindigkeit, mit der der Partikelstrahl entlang der Konturlinie geführt ist, ist die Verweilzeit des Partikelstrahls und damit die Anzahl der lokal auf die Bauteiloberfläche auftreffenden Partikel variierbar. Mit dem Verfahren ist der Materialabtrag von der Bauteiloberfläche gezielt an die Geometrie des Bauteils angepaßt. Damit ist entlang der Konturlinie eine vorgebbare homogene Oberflächenrauigkeit herstellbar. Durch Hintereinanderausführung des Abfahrens mehrerer zusammenhängender Konturlinien können große Bereiche der Bauteiloberfläche behandelt und hinsichtlich ihrer Rauigkeit homogenisiert werden. Insbesondere kann die gesamte Bauteiloberfläche einer solchen Oberflächenbehandlung unterzogen werden.

Für eine effiziente Anwendung des Verfahrens wird man das Verfahren bevorzugt kontinuierlich betreiben. Dazu wird der Partikelstrahl als eine kontinuierliche Funktion der Zeit entlang der Konturlinie geführt. Alternativ dazu könnte man auch den Abtrag von Material von der Bauteiloberfläche entlang der Konturlinie in Intervallen durchführen, wobei das Verfahren temporär unterbrochen wird. Mit dem Verfahren ist es möglich, die Oberflächenrauigkeits-Kenngrößen, z.B. maximale Profilhöhe, maximale Profiltiefe, Mittenrauhwert, gezielt einzustellen. Der Mittenrauhwert, also das arithmetische Mittel der absoluten Werte der Profilabweichungen innerhalb einer Bezugsstrecke (z.B. eines Teilabschnitts einer Konturlinie) wird hierbei bevorzugt zum Vergleich von Oberflächen gleichen oder ähnlichen Charakters verwendet.

Es ist auch möglich, verschiedene Teilbereiche der Bauteiloberfläche, die beispielsweise unterschiedlich gekrümmt oder orientiert sein können, gezielt mit untereinander verschiedenen, vorgebbaren Oberflächenrauigkeiten herzustellen. Jeder

Teilbereich weist dabei eine homogene Oberflächenrauigkeit auf. Wo dies sinnvoll und vorgesehen ist, könnte man auch entlang einer Konturlinie die Oberflächenrauigkeit gemäß einer vorgebbaren, gegebenenfalls nicht-konstanten, Funktion  
5 einstellen.

Mittels der an die Konturlinie angepaßten Bestrahlung mit dem Partikelstrahl erfolgt eine Glättung der Bauteiloberfläche zur Einstellung einer vorgegebenen Oberflächenrauigkeit in  
10 einem vorgegebenen Bereich der Bauteiloberfläche. Weiterhin kann das Bestrahlen mit dem Partikelstrahl zu einer Oberflächenreinigung der Bauteiloberfläche verwendet werden, durch die eine Aktivierung der Bauteiloberfläche erreicht wird. Dadurch ist die Bauteiloberfläche für andere sich an die Oberflächenbehandlung anschließende Verfahren - etwa Beschich-  
15 tungsverfahren - präpariert.

Bevorzugterweise erfolgt die Anpassung der Strahlparameter automatisch. Somit ist eine gute Reproduzierbarkeit gewähr-  
20 leistet. Darüber hinaus sind manuelle Eingriffe in das Verfahren nicht mehr erforderlich.

Vorzugsweise werden die Partikelquelle und das Bauteil relativ zueinander bewegt. Dabei sind relative Translationen, relative Rotationen oder Kombinationen aus Translationen oder  
25 Rotationen vorgesehen. Durch diese relative Bewegung von Partikelquelle und Bauteil ist es möglich, den Partikelstrahl an eine gewünschte Stelle und entlang einer Konturlinie auf der Bauteiloberfläche zu führen. Durch die Geschwindigkeit, mit  
30 der die Relativbewegungen durchgeführt werden, kann die Einstrahldauer variiert werden. Insbesondere bei Bauteilen mit einer komplexen Bauteilgeometrie, beispielsweise mit einer gekrümmten Bauteiloberfläche, werden durch die Relativbewegungen Strahlparameter, wie beispielsweise Einstrahlwinkel  
35 und Einstrahlabstand, beeinflußt. Es sind eine Vielzahl von Betriebsmodi hinsichtlich der Relativbewegungen von Bauteil

## 8

und Partikelquelle möglich. Einige bevorzugte Ausgestaltungen in dem Verfahren sind im folgenden ausgeführt:

In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird die Partikelquelle relativ zu dem Bauteil so bewegt, daß der Einstrahlabstand konstant ist. Dadurch ist bei konstanter Einstrahlintensität der Partikelquelle die Anzahl der Partikel, die pro Sekunde auf ein senkrecht im konstanten Einstrahlabstand angeordnetes Flächenelement der Bauteiloberfläche auf-  
10 treffen, ein konstanter Wert. Weiter bevorzugt wird die Partikelquelle relativ zu dem Bauteil so bewegt, daß der Einstrahlwinkel konstant ist. Wählt man einen Betriebsmodus, bei dem sowohl der Einstrahlabstand als auch der Einstrahlwinkel konstant sind, so wird ein besonders an die Geometrie des  
15 Bauteils angepaßter Materialabtrag sichergestellt, insbesondere ist eine homogene Oberflächenbehandlung des Bauteils dadurch möglich.

Die Relativbewegungen werden so ausgeführt, daß in einer bevorzugten Verfahrensausgestaltung die Partikelquelle mehrachsig gegenüber dem gleichzeitig ruhenden Bauteil bewegt wird. Mehrachsig bedeutet in diesem Zusammenhang, daß die Partikelquelle entlang mindestens zweier kartesischer Koordinatenachsen bewegt wird. Durch die Kombination von Bewegungen in einer ersten und in einer darauf senkrechten zweiten Achse sind  
25 auch Rotationen der Partikelquelle um eine Rotationsachse, etwa um eine Achse, die durch das Bauteil verläuft (z.B. Figurenachse), möglich. Weiter bevorzugt wird die Partikelquelle mehrachsig gegenüber dem gleichzeitig rotierenden Bauteil bewegt. Weiter bevorzugt wird die Partikelquelle  
30 mehrachsig gegenüber dem gleichzeitig mehrachsig bewegten Bauteil bewegt.

Vorzugsweise wird das Bauteil mehrachsig gegenüber der gleichzeitig ruhenden Partikelquelle bewegt. Durch die Vielzahl der verschiedenen Verfahrensausgestaltungen hinsichtlich der Relativbewegungen ist eine große Flexibilität gegeben.

Durch die Kombination der verschiedenen Bewegungsmodi können sehr komplexe Bauteilgeometrien in dem Verfahren einer Oberflächenbehandlung unterzogen werden.

- 5 Vorzugsweise weist das Bauteil einen Grundkörper mit einem Grundmaterial auf, wobei der Grundkörper die Bauteiloberfläche aufweist, welche für eine auf den Grundkörper aufzubringende erste Beschichtung mit einem ersten Beschichtungsmaterial behandelt wird. Durch das Bestrahlen mit einem Partikelstrom findet eine Oberflächenreinigung des Grundkörpers statt. Diese Oberflächenreinigung bewirkt eine Aktivierung der Oberfläche. Dadurch ist eine besonders gute Anbindung einer ersten Beschichtung auf den Grundkörper in einem Beschichtungsprozeß möglich. Das Verfahren kann somit als Teilverfahren eines Herstellungsverfahrens einer Schicht auf einem Bauteil eingesetzt werden. Das Verfahren ermöglicht eine qualitativ hochwertige Präparation der Bauteiloberfläche vor einer Beschichtung. Dies wirkt sich sehr vorteilhaft auf die auf den Grundkörper aufzubringende Beschichtung aus, vor allem auf deren Haftvermögen und Schichtqualität. Der Grundkörper ist beispielsweise aus einem metallischen Werkstoff hergestellt. Bei Hochtemperaturanwendungen werden hierbei hochtemperaturfeste Legierungen, beispielsweise Nickel-, Kobalt- oder Chrom-Superlegierungen als Werkstoff für den Grundkörper eingesetzt.

- Vorzugsweise wird dann in dem Beschichtungsprozeß als erstes Beschichtungsmaterial eine Legierung oder eine intermetallische Verbindung verwendet. Als erstes Beschichtungsmaterial wird bevorzugt eine haftvermittlerschichtbildende Legierung eingesetzt, wie z.B. eine Legierung der Art MCrAlX. Hierbei steht M für ein Metall, insbesondere für ein oder mehrere Elemente der Gruppe umfassend Nickel, Kobalt und Eisen. Cr steht für Chrom und Al für Aluminium. X steht für eines oder mehrere Elemente aus der Gruppe Yttrium, Rhenium sowie die Elemente der Seltenen Erden, wie beispielsweise Hafnium. Sol-

10

che Legierungen sind insbesondere in Hochtemperaturanwendungen vorgesehen.

5 Bevorzugt weist die erste Beschichtung auch die Bauteiloberfläche auf, welche für eine auf das Bauteil aufzubringende zweite Beschichtung, mit einem zweiten Schichtmaterial, behandelt wird.

10 In einer bevorzugten Ausgestaltung weist das Bauteil einen Grundkörper mit einem Grundmaterial auf, wobei auf dem Grundkörper eine erste Beschichtung mit einem ersten Beschichtungsmaterial aufgebracht ist, wobei das beschichtete Bauteil für eine auf das Bauteil aufzubringende zweite Beschichtung, mit einem zweiten Beschichtungsmaterial, behandelt wird. Vorteilhafterweise ist das Verfahren nicht nur dazu geeignet die  
15 Oberfläche eines Grundkörpers zu behandeln, sondern das Verfahren kann auch zur Behandlung und Präparation einer auf den Grundkörper aufgetragenen Schicht vor dem Aufbringen einer weiteren Schicht auf die erstere Schicht eingesetzt werden.  
20 Das Verfahren ist somit in einen Prozeß zur Herstellung eines Schichtsystems auf einem Bauteil integrierbar. Dadurch können qualitativ sehr hochwertige, vor allem ausreichend langzeitstabile, Schichtsysteme mit einer komplexen Geometrie des Grundkörpers deutlich besser hergestellt werden.

25 Vorzugsweise wird in dem Beschichtungsprozeß als zweites Beschichtungsmaterial eine Keramik verwendet. Als keramische Materialien kommen beispielsweise solche in Frage, die Zirkonoxid ( $ZrO_2$ ), welches durch Yttriumoxid, Ceroxid oder ein  
30 anderes Oxid teil- oder vollstabilisiert ist, umfassen. Eine solche, eine Keramik aufweisende zweite Beschichtung, ist beispielsweise eine Wärmedämmschicht und weist als solche eine Schichtdicke von etwa  $> 50 \mu m$ , insbesondere etwa  $> 200 \mu m$  auf. Eine Wärmedämmschicht kann auch andere metallkeramische Oxide, insbesondere auch metallkeramische  
35 Mischoxidsysteme, beispielsweise Perowskite (z.B. Lanthanalu-  
minat), Pyrochlore (z.B. Lanthanhafnat) oder Spinelle, wie

beispielsweise das klassische Magnesium-Aluminatspinell  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ , aufweisen.

Ein Schichtsystem auf einem metallischen Grundkörper, das  
5 eine Haftvermittlerschicht als erste Beschichtung und eine  
sich an die Haftvermittlerschicht anschließende Wärmedämm-  
schicht als zweite Beschichtung aufweist, wird insbesondere  
bei Hochtemperaturanwendungen eingesetzt. In einer bevorzug-  
ten Ausgestaltung des Verfahrens ist das Bauteil für eine Um-  
10 strömung mit einem heißen Gas ausgelegt. Weiter bevorzugt  
wird als Bauteil eine Turbinenlaufschaufel, eine Turbinen-  
leitschaufel oder ein Hitzeschildelement einer Brennkammer  
verwendet. Bauteile von thermischen Maschinen, wie beispiele-  
weise einer Gasturbine, einem Verbrennungsmotor, einem Ofen  
15 oder ähnlichem müssen für die Beaufschlagung mit einem heißen  
aggressiven Medium, insbesondere einem Heißgas, ausgelegt  
sein. Die Temperaturen, welche ein Bauteil während eines nor-  
malen Einsatzes ausgesetzt sind, können hierbei deutlich über  
1000 °C liegen.

20

Vorzugsweise weist der Partikelstrahl Abrasivpartikel auf,  
die in einem druckbeaufschlagten Trägermedium, insbesondere  
Preßluft, mitgeführt werden. Die Abrasivpartikel treffen vor-  
zugsweise unter einem Einstrahlwinkel auf die Bauteiloberflä-  
25 che von etwa 20° bis 90°, insbesondere von etwa 50° bis 90°,  
auf. Der Durchmesser der Abrasivpartikel, der Einstrahlwinkel  
sowie der Druck des druckbeaufschlagten Trägermediums richten  
sich nach dem Material der Abrasivpartikel, dem Material der  
Bauteiloberfläche, auf die sie auftreffen, sowie der zu er-  
30 zielenden Wirkung, insbesondere hinsichtlich Oberflächenrei-  
nigung oder Materialabtrag, um eine gewünschte Oberflächen-  
rauhigkeit einzustellen. Wird ein hoher Materialabtrag ge-  
wünscht, so ist der Winkel, unter dem die Abrasivpartikel auf  
die Oberfläche auftreffen etwa zwischen 50° bis 90°, insbe-  
35 sondere etwa 60°. Für eine Reinigung und Aktivierung der Bau-  
teiloberfläche liegt der Winkel in einem Bereich zwischen 20°  
und 60°. Die Abrasivpartikel, die in dem Trägermedium mitge-

12

führt werden, können in Form eines Pulvers bereitgestellt werden oder, falls größere Partikel vorliegen (globulare Form), durch einen Mahlprozeß zerrieben werden, um scharfkantige Abrasivpartikel zu erzeugen, die dann verstärkt abrasiv auf der Bauteiloberfläche wirken.

Die auf einer Vorrichtung zur Oberflächenbehandlung eines Bauteils gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Strahlanlage zur automatisierten Oberflächenbehandlung eines Bauteils mit einer gekrümmten Bauteiloberfläche, die mindestens eine Partikelquelle zur Erzeugung eines Partikelstrahls sowie eine Bauteilhalterung zur Aufnahme des Bauteils aufweist, wobei die Partikelquelle und das Bauteil so relativ zueinander beweglich sind, daß zur Herstellung einer homogenen Bauteiloberfläche in einem Abstrahlprozeß mittels des Partikelstrahls der Einstrahlabstand und/oder der Einstrahlwinkel entlang einer Konturlinie auf der Bauteiloberfläche einen vorgegebenen, insbesondere konstanten, Wert einnimmt.

Anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele wird das Verfahren und die Vorrichtung näher erläutert. Es zeigen hierbei teilweise nicht maßstäblich und schematisch

FIG 1 bis FIG 3 einen Ausschnitt eines Grundkörpers eines Bauteils mit freier, insbesondere gekrümmter, Bauteiloberfläche,

FIG 4 einen Ausschnitt durch ein Bauteil, bei dem auf einen Grundkörper eine erste Beschichtung aufgebracht ist,

FIG 5 einen Ausschnitt durch ein Bauteil, bei dem auf einen Grundkörper eine erste und eine zweite Beschichtung aufgebracht sind,

13

FIG 6 eine Turbinenschaufel in perspektivischer Darstellung,

5 FIG 7 ein Hitzeschildelement einer Brennkammer in perspektivischer Darstellung,

FIG 8 eine Strahlanlage zur Oberflächenbehandlung mit einem in der Strahlanlage angeordneten Bauteil.

10

Gleiche Bezugszeichen haben in den Figuren die gleiche Bedeutung.

15 In Figur 1 ist ein Ausschnitt durch einen Grundkörper 11 eines nicht näher dargestellten Bauteils 1 (siehe z.B. Figur 6 oder 7) mit einem Grundmaterial 13, insbesondere einer Nickel- oder Kobalt-Superlegierung dargestellt. Der Grundkörper 11 weist eine Bauteiloberfläche 3 auf. Zur Oberflächenbehandlung der Bauteiloberfläche 3, etwa zur Vorbehandlung vor Auf-  
20 bringen einer Beschichtung auf die Bauteiloberfläche 3, wird die Bauteiloberfläche 3 mit Abrasivpartikeln 27 aus einem Partikelstrahl 7 bestrahlt, die in einem druckbeaufschlagten Trägermedium 29, insbesondere Druckluft 29, mitgeführt werden. Zur Erzeugung eines solchen Partikelstrahls mit dem Trä-  
25 germedium 29 und mit den darin mitgeführten Abrasivpartikeln 27 ist eine Partikelquelle 5 vorgesehen. Die Behandlung der Bauteiloberfläche 3 mit Abrasivpartikeln 27 dient einer Glättung der Bauteiloberfläche 3, wobei eine vorgegebene Oberflächenrauigkeit hergestellt wird. Darüber hinaus dient die Be-  
30 strahlung der Bauteiloberfläche einer Reinigung und Aktivierung der Bauteiloberfläche. Dazu treffen die Abrasivpartikel 27 auf die Bauteiloberfläche 3 unter einem Winkel  $\alpha$  auf. Die Abrasivpartikel 27 bestehen hierbei vorzugsweise aus dem Grundmaterial 13 oder aus einem Material, welches gleich ei-  
35 nem Beschichtungsmaterial ist, welches im Anschluß an die Bestrahlung mit den Abrasivpartikeln 27 auf den Grundkörper 11 aufzubringen ist. Zur Erzielung einer gewünschten, insbeson-

dere homogenen, Oberflächenrauigkeit ist die Partikelquelle 5 gegenüber dem Bauteil 1 beweglich. Die Partikelquelle 5 kann Bewegungen entlang einer horizontalen Achse 31 sowie entlang einer vertikalen Achse 33 relativ zu dem Bauteil 1 ausführen. Weiterhin kann die Partikelquelle 5 Rotationen um eine Rotationsachse 35 ausführen. Die Rotationsachse 35 erstreckt sich senkrecht zu einer von der vertikalen Achse 33 und der horizontalen Achse 31 aufgespannten Ebene. Damit ist der Partikelstrahl 7, welcher aus der Partikelquelle 5 emittiert wird, entlang einer Konturlinie 9 auf der Bauteiloberfläche 3 führbar. Insbesondere können unterschiedliche Bereiche auf der Bauteiloberfläche 3 entlang der Konturlinie 9 der materialabtragenden Bearbeitung durch die Abrasivpartikel 27 unterzogen werden. Zur Erzielung einer homogenen Oberflächenrauigkeit werden die Strahlparameter hierbei gezielt an die Konturlinie angepaßt. Dies ist in den Figuren 1 bis 3 dargestellt, die eine chronologische Abfolge der Oberflächenbehandlung entlang der Konturlinie 9 zeigen. Dabei wird die Partikelquelle 5 relativ zu dem Bauteil 1 so bewegt, daß der Einstrahlabstand  $d$  konstant ist. Zugleich wird die Partikelquelle 5 relativ zu dem Bauteil 1 so bewegt, daß der Einstrahlwinkel  $\alpha$  konstant ist. Dadurch können unterschiedliche Bereiche der Bauteiloberfläche 3 entlang der Konturlinie 9 gleichermaßen behandelt werden. Während in Figur 1 ein konvex gewölbter Bereich der Konturlinie 9 von dem Partikelstrahl 7 behandelt wird, trifft in Figur 2 der Partikelstrahl 7 auf einen konkav gekrümmten Bereich der Konturlinie 9. In Figur 3 findet die materialabtragende Bearbeitung der Bauteiloberfläche 3 in einem Bereich der Konturlinie 9 statt, die annähernd planar ist. Die Ansteuerung der Partikelquelle 5 erfolgt automatisch. Dabei kann beispielsweise die genaue Bauteilgeometrie, insbesondere die Bauteiloberfläche, durch ein nicht dargestelltes Meßsystem erfaßt werden und diese Istdaten mit Solldaten verglichen werden. Diese Datensätze können als Eingabedaten für ein nicht dargestelltes Steuerungssystem dienen, welcher die Partikelquelle 5 hinsichtlich der Strahlpa-

15

rometer relativ zu dem Bauteil 1 ansteuert. Dadurch ist eine automatische Oberflächenbehandlung des Bauteils 1 gegeben.

In Figur 4 ist der Grundkörper 11 aus den Figuren 1 bis 3 dargestellt, wobei auf den Grundkörper 11 eine erste Beschichtung 15 mit einem ersten Beschichtungsmaterial 17 aufgebracht wurde. Die erste Beschichtung ist vorzugsweise eine Haftvermittlerschicht und wurde mittels eines physikalischen Aufdampfverfahrens, beispielsweise Elektronenstrahl-Dampfab-  
scheidung (EB-PVD, Electron Beam Physical Vapor Deposition) oder einem Plasmaspritz-Verfahren aufgebracht. Die erste Beschichtung 15 weist ein erstes Beschichtungsmaterial 17 auf, welches insbesondere beim Beschichten eines Gasturbinenbauteils eine Legierung der Art MCrAlX oder ein Aluminid ist.  
Durch die erste Beschichtung 15 ist nunmehr eine Bauteiloberfläche 3 des Bauteils 1 an der dem Grundkörper 11 abgewandten Seite der Beschichtung 15 gebildet. Diese Bauteiloberfläche 3 wird nunmehr für das Aufbringen einer zweiten Beschichtung 19 vorbereitet. Hierzu wird die Oberfläche 3 mit Abrasivpartikeln 27 aus der Partikelquelle 5 bestrahlt. Die Abrasivpartikel 27 werden in einem Partikelstrahl 7 in einem druckbeaufschlagten Trägermedium 29 mitgeführt. Vorzugsweise wird als Trägermedium 29 Preßluft verwendet. Die Abrasivpartikel 27 treffen auf die Bauteiloberfläche 3 unter einem Einstrahlwinkel  $\alpha$  auf, welcher dem Einstrahlwinkel  $\alpha$  bei der Bestrahlung des Grundkörpers 11 gemäß den Figuren 1 bis 3 entspricht oder von diesem abweicht. Die konkrete Wahl des Einstrahlwinkels  $\alpha$  sowie des Einstrahlabstands  $d$  sowie des Drucks durch den das Trägermedium 29 beaufschlagt ist, hängen von der Art des Materials der Abrasivpartikel 27, der Art des ersten Beschichtungsmaterials 17 sowie beispielsweise noch von einer zu erzielenden Oberflächenrauigkeit oder Reinigung der Bauteiloberfläche 3 ab. Bei der materialabtragenden Oberflächenbehandlung der Schicht 15 wird der Partikelstrahl 7 entlang einer Konturlinie 9 derart geführt, daß sich entlang der Konturlinie eine zu erzielende, im allgemeinen homogene, Oberflächenrauigkeit einstellt. Mit dem Verfahren können insbe-

sondere Konturlinien 9, welche auf gekrümmten Bauteiloberflächen 3 vorhanden sind, mit hoher Qualität und Reproduzierbarkeit bearbeitet werden. Von Vorteil ist, daß die erste Beschichtung 15 bereits mit einem hohen Anbindungsvermögen und einer hohen Zeitstandfestigkeit auf den Grundkörper 11 durch das Verfahren hergestellt wird.

Figur 5 zeigt einen Ausschnitt durch das Erzeugnis 1, wobei auf den Grundkörper 11 neben der ersten Beschichtung 15 noch eine zweite Beschichtung 19 mit einem zweiten Beschichtungsmaterial 21 aufgebracht ist. Zwischen der zweiten Beschichtung 19, welche bei einem Bauteil einer Gasturbine vorzugsweise eine Wärmedämmschicht aus einem Metalloxid oder einem Metallmischoxidsystem ist, beispielsweise teil- oder vollstabilisiertes Zirkonoxid, ist eine Oxidschicht 69 als Zwischenschicht 69 angeordnet. Diese Oxidschicht 35 weist Aluminiumoxid und/oder Chromoxid auf und kann infolge thermischer Oxidation der ersten Beschichtung 15 gebildet worden sein (thermisch gewachsenes Oxid, TGO) oder wurde in einem Zwischenschritt auf die erste Beschichtung 15 aufgebracht. Das Verfahren kann somit bei Schichtsystemen auf Bauteilen 1 mit komplexer Bauteilgeometrie mit komplexer Bauteilgeometrie, insbesondere mit einer gekrümmten Bauteiloberfläche 3 angewendet werden. Die Qualität eines Schichtsystems wird dadurch erheblich verbessert.

Figur 6 zeigt in einer perspektivischen Ansicht ein Bauteil 1, hier eine Turbinenlaufschaufel 23, welche einen Schaufelblattbereich 37 aufweist, der mit einer Beschichtung 19, einer Wärmedämmschicht, beschichtet ist. Der Schaufelblattbereich 37 wird während des Betriebs der Turbinen-schaufel 23, etwa in einer nicht dargestellten Gasturbine, von einem heißen aggressiven Medium M, insbesondere einem Heißgas M, welches durch Verbrennung eines Brennstoffs entsteht, umströmt. An den Schaufelblattbereich 37 grenzt einerseits ein Befestigungsbereich 39 an, in dem die Turbinenlaufschaufel 23 der Gasturbine befestigt ist, und andererseits

eine Deckplatte 41, die zur Abdichtung der Turbinenlaufschaufel 23 gegenüber einer weiteren nicht dargestellten Komponente der Gasturbine dient. Die Turbinenlaufschaufel 23 weist eine Bauteiloberfläche 3 auf, welche eine komplexe Bauteil-  
5 geometrie mit Bereichen stark unterschiedlichen Krümmungsverhaltens zeigt.

In Figur 7 ist in einer perspektivischen Darstellung ein Bauteil 1, ein Hitzeschildelement 25 einer nicht dargestellten  
10 Brennkammer einer Gasturbine gezeigt. Das Hitzeschildelement 25 weist ein Abdeckelement 43 mit einem zentrisch darin angeordneten Verbindungsloch 45 auf. Durch das Verbindungsloch 45 ist das Abdeckelement 43 über ein nicht dargestelltes Verbindungselement führbar und das Hitzeschildelement 25 an  
15 einer nicht dargestellten Wand der Brennkammer befestigbar. Eine Brennkammer einer Gasturbine ist mit einer Vielzahl solcher Hitzeschildelemente 25 ausgekleidet. Ebenso wie die in Figur 6 gezeigte Turbinenlaufschaufel 23, weist das Hitzeschildelement 25 eine komplexe, insbesondere gekrümmte, Bauteiloberfläche 3 auf. Während des Einsatzes des Hitzeschildelements 25 ist dieses mit der Wärmedämmschicht 19 einem heißen aggressiven Medium M, insbesondere einem Heißgas M, aus-  
20 gesetzt.

Figur 8 zeigt schematisch und nicht maßstäblich eine Strahl-  
25 anlage 47 zur automatisierten Oberflächenbehandlung eines Bauteils 1. Die Strahlanlage 47 weist eine Strahlkammer 65 auf, in der eine Bauteilhalterung 49 angeordnet ist. Von der Bauteilhalterung 49 ist ein Bauteil 1 aufgenommen. Das Bauteil 1 weist eine gekrümmte Bauteiloberfläche 3 auf. In der  
30 Strahlkammer 65 ist eine erste Partikelquelle 5A sowie eine zweite Partikelquelle 5B angeordnet. Die Partikelquellen 5A, 5B sind so angeordnet, daß sie für einen Bestrahlungsprozeß einander gegenüberliegende Bereiche der Bauteiloberfläche 3  
35 erreichen. Zur Erzeugung eines Partikelstrahls 7A, 7B, der Abrasivpartikel 27 sowie ein Trägermedium 29 aufweist, ist in der Strahlanlage 47 ein Abrasivpartikel-Reservoir 57 sowie

ein Trägermedium-Reservoir 53 vorgesehen. Das Trägermedium-Reservoir 53 versorgt die Partikelquelle 5A, 5B über eine erste Versorgungsleitung 51 für Trägermedium 29. Zur Versorgung der Partikelquelle 5A, 5B mit Abrasivpartikeln 27 ist eine

5 Versorgungsleitung 55 für Abrasivpartikel 27 vorgesehen. Darüber hinaus weist die Strahlkammer 65 ein Abströmsystem 59 auf. Das Abströmsystem 59 ist beispielsweise als Saugeinrichtung ausgestattet. Auf diese Weise kann im wesentlichen die gesamte Menge der abrasiv wirkenden Abrasivpartikel 27 wie-

10 dergewonnen werden und erneut für eine Bestrahlung verwendet werden. Die Abrasivpartikel 27 können hierbei aus Gußeisen, Stahl, aus synthetischem Korund (Aluminiumoxid,  $Al_2O_3$ ), Siliciumkarbid oder Silikatsand hergestellt sein. Daneben sind Abrasivpartikel 27 aus Legierungen oder intermetallischen

15 Verbindungen möglich. Die Partikelquelle 5A, 5B und die Bauteilhalterung 49 mit dem Bauteil 1 sind relativ zueinander beweglich. Beispielsweise ist die Partikelquelle 5A, 5B mehrachsrig gegenüber dem ruhenden Bauteil 1 beweglich. Andererseits ist das Bauteil 1 über die Bauteilhalterung 49 ge-

20 genüber der Partikelquelle 5A, 5B mehrachsrig beweglich. Insbesondere ist die Bauteilhalterung 49 mit dem Bauteil 1 um eine vertikale Drehachse 67 drehbar angeordnet. Dies ist vor allem für die materialabtragende Oberflächenbehandlung von rotationssymmetrischen Bauteilen 1 sehr vorteilhaft. Zur au-

25 tomatisierten Oberflächenbehandlung des Bauteils 1 ist die Strahlanlage 47 mit einem Steuersystem 61 ausgestattet. Die Partikelquelle 5A, 5B sowie die Bauteilhalterung 49 sind über jeweilige Steuersignalleitungen 63A, 63B, 63C mit dem Steuersystem 61 verbunden. Auf diese Weise ist eine automatisierte

30 Steuerung der Bewegung von Bauteil 1 und Partikelquelle 5A, 5B möglich. Insbesondere sind die relevanten Strahlparameter der Partikelquelle 5A, 5B automatisch steuerbar, so daß zur Herstellung einer vorzugsweise homogenen Bauteiloberfläche 3 in einem Abstrahlprozeß der Einstrahlabstand  $d$  sowie der Ab-

35 strahlwinkel  $\alpha$  entlang einer Konturlinie 9A, 9B auf der Bauteiloberfläche 3 einen vorgebbaren, vorzugsweise konstanten, Wert einnimmt. Durch die Ausstattung der Strahlanlage 47 mit

mehreren Partikelquellen 5A, 5B ist eine simultane Oberflächenbehandlung des Bauteils 1 entlang verschiedener Konturlinien 9A, 9B auf der Bauteiloberfläche 3 möglich.

- 5 Bei einem Verfahren zur Oberflächenbehandlung des Bauteils 1 in der automatisierten Strahlanlage 47 wird die Partikelquelle 5A, 5B über die Reservoirs 53, 57 mit Abrasivpartikeln 27 sowie mit Trägermedium 29, insbesondere Preßluft 29, versorgt. Durch den mittels der Partikelquellen 5A, 5B erzeugte Partikelstrahl 7A, 7B, welcher durch die Strahlparameter Einstrahlabstand  $d$ , Einstrahlwinkel  $\alpha$  und Einstrahldauer charakterisiert ist, wird Material von der Bauteiloberfläche 3 entlang einer Konturlinie 9A, 9B auf der Bauteiloberfläche 3 abgetragen. Die Strahlparameter werden gezielt so an  
10 die Konturlinie 9A, 9B angepaßt, daß sich entlang der Konturlinie 9A, 9B eine vorgegebene, vorzugsweise homogene, Oberflächenrauigkeit einstellt. Dabei erfolgt die Anpassung der Strahlparameter automatisch über das Steuersystem 61, welches die Relativbewegung des Bauteils 1 und der Partikelquellen 5A, 5B steuert. Besonders günstig ist die Betriebsweise, bei der die Partikelquelle 5A, 5B relativ zum Bauteil 1 so bewegt wird, daß der Einstrahlabstand  $d$  sowie der Einstrahlwinkel  $\alpha$  konstant sind. Das Steuersystem 61 sorgt für die präzise Positionierung und Ansteuerung von Bauteil 1 und der  
25 Partikelquelle 5A, 5B. Dadurch ist die Oberflächenbehandlung von Bauteilen 1 mit komplexer Geometrie, insbesondere mit gekrümmter Bauteiloberfläche 3, mit hoher Qualität und Reproduzierbarkeit möglich. Dies ist vor allem für eine Serienfertigung von Bauteilen 1 und deren Oberflächenbehandlung von großem Vorteil.  
30

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Bauteiloberfläche eines Bauteils, welche insbesondere Bereiche unterschiedlicher Krümmung aufweist, zur Oberflächenbehandlung des  
35 Bauteils mit abrasiv wirkenden Partikeln bestrahlt wird. Dadurch wird eine Glättung und/oder eine Reinigung mit gegebenenfalls einer Aktivierung der Bauteiloberfläche erzielt. Das

20

Verfahren ist zur Bearbeitung des Grundkörpers eines Bauteils geeignet sowie zu einer Vorabbearbeitung eines zu beschichtenden Bauteils. Insbesondere ist das Verfahren in ein Verfahren zur Herstellung eines Schichtsystems auf einem Grundkörper eines Bauteils integrierbar. Die materialabtragende  
5 Bearbeitung der Bauteiloberfläche ist gezielt an die Geometrie des Bauteils angepaßt, wodurch eine homogene Oberflächenbehandlung erreicht ist.

EPO - Munich  
41

01. Sep. 1999

21

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Oberflächenbehandlung eines Bauteils (1) mit einer gekrümmten Bauteiloberfläche (3), bei dem mittels eines  
5 aus einer Partikelquelle (5) erzeugten Partikelstrahls (7), welcher durch die Strahlparameter Einstrahlabstand (d), Einstrahlintensität, Einstrahlwinkel ( $\alpha$ ) und Einstrahldauer charakterisiert ist, Material von der Bauteiloberfläche (3) entlang einer Konturlinie auf der Bauteiloberfläche (3) abge-  
10 tragen wird,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zumindest einer der Strahlparameter gezielt so an die Konturlinie angepaßt wird, daß sich entlang der Konturlinie eine homogene Oberflächenrauigkeit einstellt.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Anpassung der Strahlparameter automatisch erfolgt.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Partikelquelle (5) und das Bauteil (1) relativ zueinander bewegt werden.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Partikelquelle (5) relativ zu dem Bauteil (1) so bewegt wird, daß der Einstrahlabstand (d) konstant ist.
- 30 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Partikelquelle (5) relativ zu dem Bauteil (1) so bewegt wird, daß der Einstrahlwinkel ( $\alpha$ ) konstant ist.
- 35 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Bauteil (1) einen Grundkörper (11) mit einem Grundmaterial (13)

22

aufweist, wobei der Grundkörper (11) die Bauteiloberfläche (3) aufweist, welche für eine auf den Grundkörper (11) aufzubringende erste Beschichtung (15), mit einem ersten Beschichtungsmaterial (17), behandelt wird.

5

7. Verfahren nach Anspruch 6,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als erstes Beschichtungsmaterial (17) eine MCrAlX-Legierung verwendet wird, wobei M für eines oder mehrere Elemente umfassend Eisen, Kobalt und Nickel, Cr für Chrom, Al für Aluminium und X für eines oder mehrere Elemente der Gruppe umfassend Yttrium, Rhenium sowie die Elemente der Seltenen Erden stehen.

10

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die erste Beschichtung (15) auch die Bauteiloberfläche (3) aufweist, welche für eine auf das Bauteil (1) aufzubringende zweite Beschichtung (19), mit einem zweiten Beschichtungsmaterial (21), behandelt wird.

20

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Bauteil (1) einen Grundkörper (11) mit einem Grundmaterial (13) aufweist, wobei auf dem Grundkörper (11) eine erste Beschichtung (15) mit einem ersten Beschichtungsmaterial (17) aufgebracht ist, wobei das beschichtete Bauteil (1) für eine auf das Bauteil (1) aufzubringende zweite Beschichtung (19), mit einem zweiten Beschichtungsmaterial (21), behandelt wird.

25

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß in dem Beschichtungsprozeß als zweites Beschichtungsmaterial (21) eine Keramik verwendet wird.

30

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Bau-

35

teil (1) für eine Umströmung mit einem heißen Gas ausgelegt ist.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als Bauteil (1) eine Turbinenlaufschaukel (23), eine Turbinenleit-  
schaukel oder ein Hitzeschildelement (25) einer Brennkammer  
verwendet wird.
- 10 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Ein-  
strahlwinkel ( $\alpha$ ) auf die Bauteiloberfläche (3) etwa 20° bis  
90°, insbesondere etwa 50° bis 90° beträgt.
- 15 14. Strahlanlage (47) zur automatisierten Oberflächenbehand-  
lung eines Bauteils (1) mit einer gekrümmten Bauteiloberflä-  
che (3), die eine Partikelquelle (5) zur Erzeugung eines Par-  
tikelstrahls (7) sowie eine Bauteilhalterung (49) zur Auf-  
nahme des Bauteils (1) aufweist, wobei die Partikelquelle (5)  
20 und das Bauteil (1) so relativ zueinander beweglich sind, daß  
zur Herstellung einer homogenen Bauteiloberfläche (3) in ei-  
nem Abstrahlprozeß mittels des Partikelstrahls (17) der Ein-  
strahlabstand (d) und/oder der Einstrahlwinkel ( $\alpha$ ) entlang  
einer Konturlinie auf der Bauteiloberfläche (3) einen vorge-  
25 gebenen, insbesondere konstanten, Wert einnimmt.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1/4

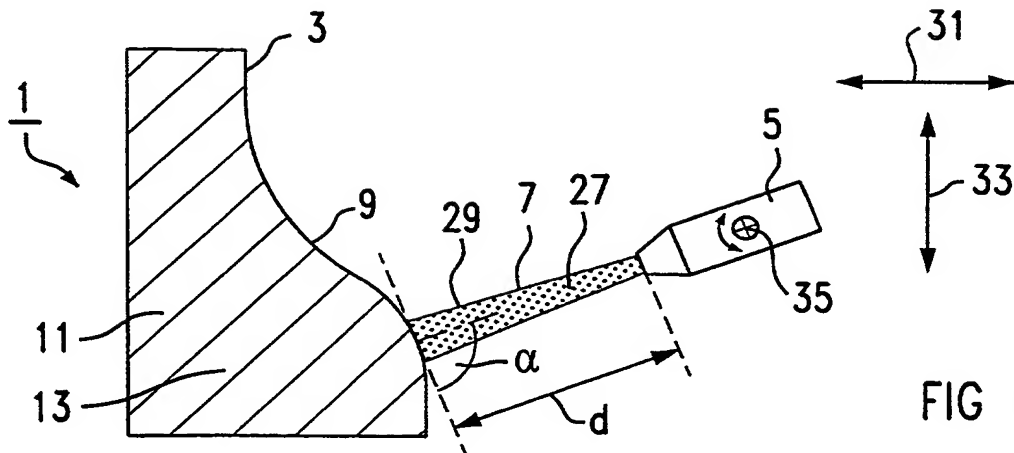


FIG 1

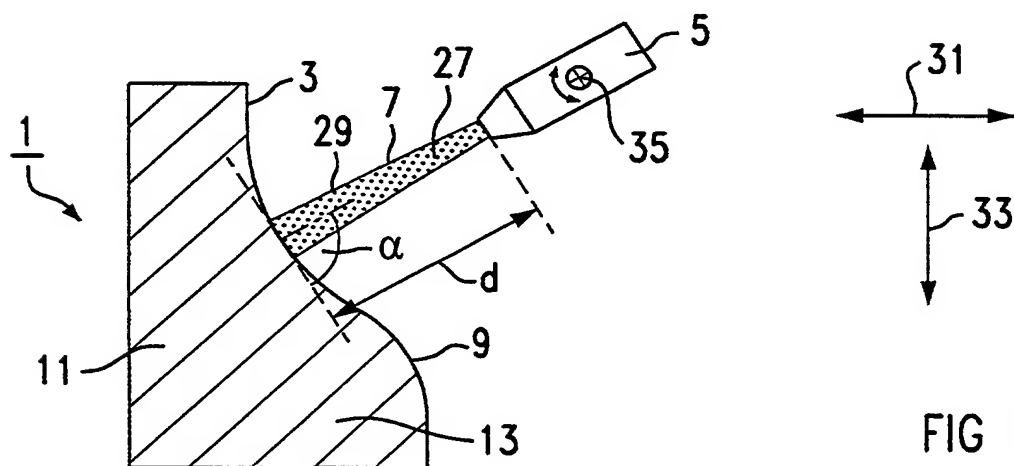


FIG 2

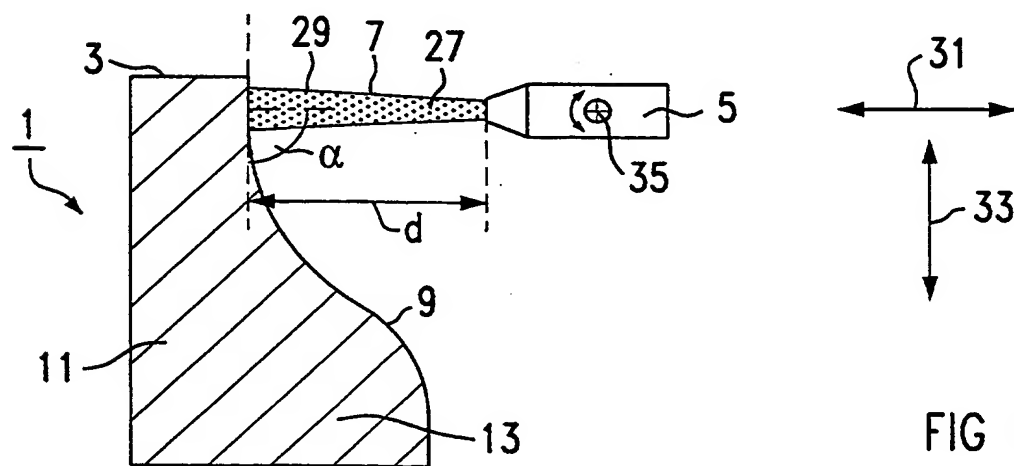


FIG 3



GR 99 P 3591 E

3/4

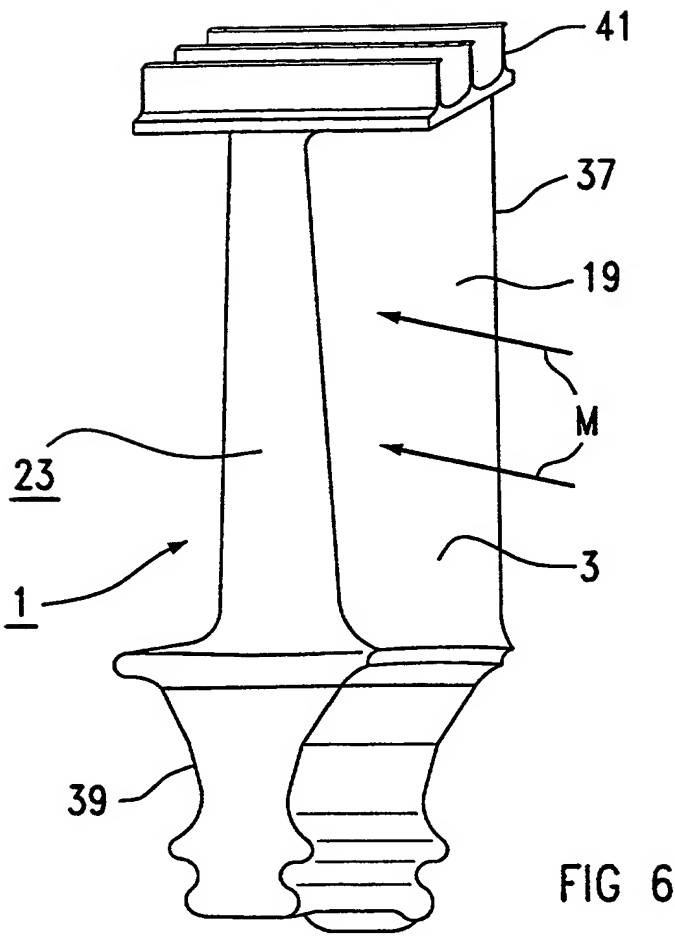


FIG 6

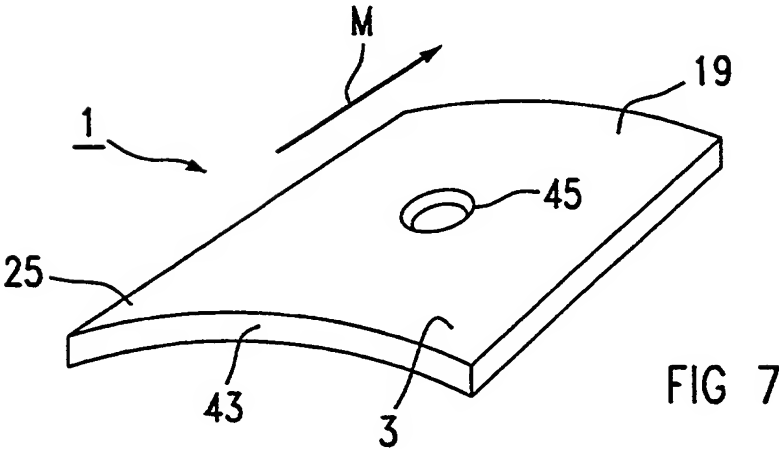


FIG 7

4/4

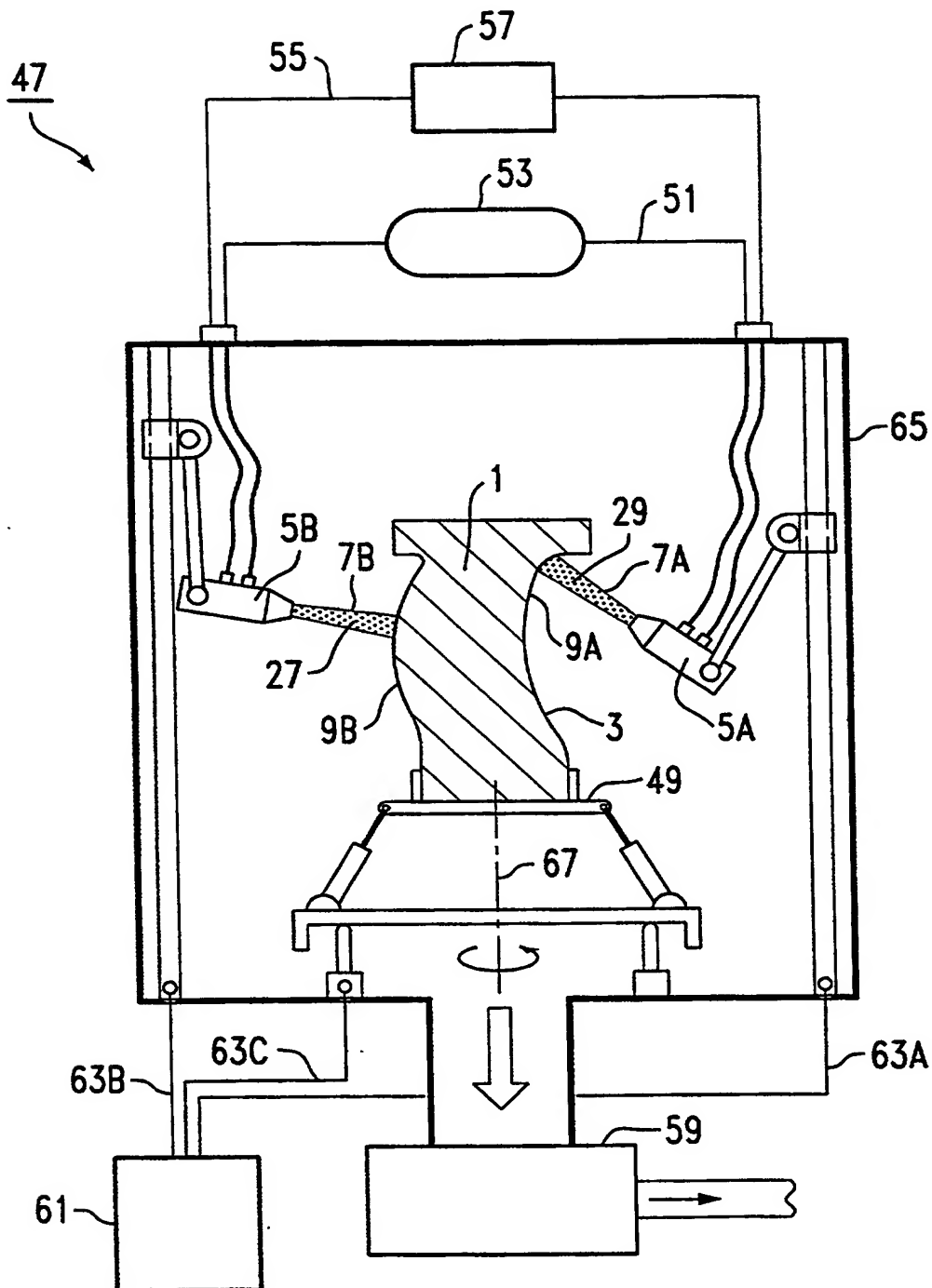


FIG 8

## Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Oberflächenbehandlung eines Bauteils

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Oberflächenbehandlung eines Bauteils (1) mit einer gekrümmten Bauteiloberfläche (3). Mittels eines aus einer Partikelquelle (5) erzeugten Partikelstrahls (7) wird Material von der Bauteiloberfläche (3) entlang einer Konturlinie (9) auf der Bauteiloberfläche (3) abgetragen. Dabei wird zumindest einer der Strahlparameter gezielt so an die Konturlinie (9) angepaßt, daß sich entlang der Konturlinie (9) eine gewünschte, insbesondere homogene, Oberflächenrauigkeit einstellt. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Strahlanlage (47) zur automatisierten Oberflächenbehandlung eines Bauteils (1).

10

15

FIG 1

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**